

Contactless measurement device for determination of angular position of a shaft, particularly an engine cam shaft, enables position to be precisely known from the time at which the engine is switched on

Publication number: DE10044741

Publication date: 2001-08-30

Inventor: GROTHE WOLFGANG (DE); HAAS GUNTHER (DE);
SIEGLE HENRIK (DE)

Applicant: BOSCH GMBH ROBERT (DE)

Classification:

- international: **G01D5/16; G01D5/12;** (IPC1-7): G01B7/30; G01D5/20;
G01B101/10

- european: G01D5/16B2

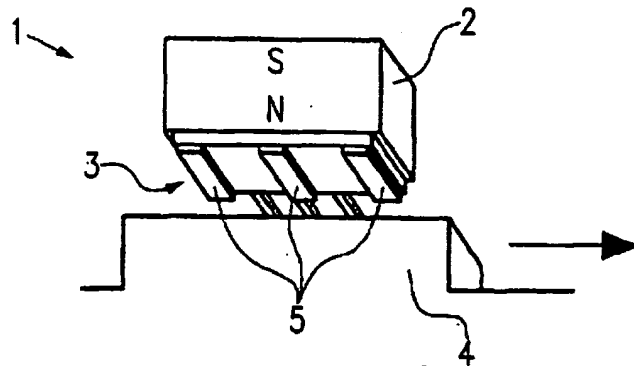
Application number: DE20001044741 20000909

Priority number(s): DE20001044741 20000909

Report a data error here

Abstract of DE10044741

Measurement device (1) comprises a permanent magnet (2) arranged above a magnetic sensor element (3). The latter is arranged in the vicinity of a signal generator wheel (4) with a number of teeth and holes on its outer surface. The field of the permanent magnet is directed along a radius of the generator wheel. Typically the magnetically sensitive element is of AMR or GMR material and the analysis circuit is a Wheatstone's bridge circuit.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



⑮ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 100 44 741 A 1**

⑤ Int. Cl.⁷:
G 01 B 7/30
G 01 D 5/20
// G 01 B 101:10

⑳ Aktenzeichen: 100 44 741.4
㉔ Anmeldetag: 9. 9. 2000
㉕ Offenlegungstag: 30. 8. 2001

DE 100 44 741 A 1

Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

㉑ Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

㉒ Erfinder:
Grothe, Wolfgang, 75233 Tiefenbronn, DE; Haas,
Gunther, Dr., 71229 Leonberg, DE; Siegle, Henrik,
Dr., 71229 Leonberg, DE

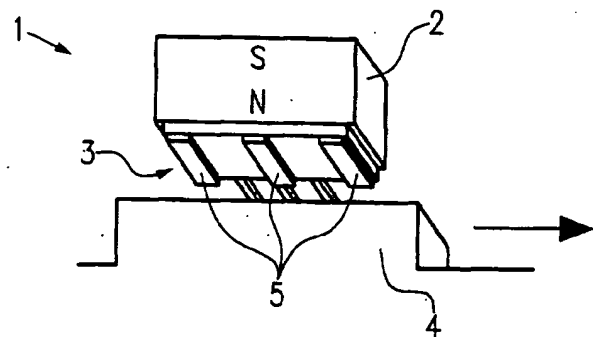
⑤⑥ Entgegenhaltungen:
DE 34 26 784 A1
US 40 39 936

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Messvorrichtung zur berührungslosen Erfassung der momentanen Drehstellung einer Welle

⑤⑦ Die vorliegende Erfindung betrifft eine Messvorrichtung (1) zur berührungslosen Erfassung der momentanen Drehstellung einer Welle, umfassend einen Permanentmagneten (2) und ein magnetfeldempfindliches Element (3). Die Welle weist ein ferromagnetisches Geberrad (4) auf. Dem ferromagnetischen Geberrad (4) gegenüberliegend ist das magnetfeldempfindliche Element (3) positioniert. Schließlich ist der Permanentmagnet (2) auf der Rückseite des magnetfeldempfindlichen Elements (3) angeordnet.



DE 100 44 741 A 1

Beschreibung

Stand der Technik

- 5 Die vorliegende Erfindung betrifft eine Messvorrichtung zur berührungslosen Erfassung der momentanen Drehstellung einer Welle. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung einen Phasengeber mit True-Power-On.

Messvorrichtungen sind in unterschiedlichen Ausgestaltungen bekannt. Zur berührungslosen Erfassung sind beispielsweise magnetische Sensoren offenbart. Die DE-199 17 939.5 beschreibt etwa eine Messvorrichtung zur berührungslosen Erfassung eines Drehwinkels, welcher aus einer, aus magnetisch nicht leitendem Material bestehender Trägerplatte besteht, die als Rotor dient. Auf der Trägerplatte ist ein Permanentmagnet angeordnet, der planar ausgebildet und dessen Polarisationsrichtung diametral zur Achse ausgerichtet ist. Weiter ist ein Hallelement unsymmetrisch positioniert, sodass eine elliptische Drehbewegung des Hallelementes relativ zum Permanentmagneten erfolgt. Dadurch ergibt sich bei der Kurve des Ausgangssignals ein steil abfallender und ein flacher Bereich, welche für die Lageorientierung herangezogen werden können.

- 10 15 Derartige Messvorrichtungen werden etwa zur genauen Bestimmung der Nockenwelleneinstellung verwendet, um daraus resultierend die Stellung der Ventile eines Motors zu ermitteln. Der technische Hintergrund besteht in der Senkung der Fahrzeugemission beim Anlassen (Schnellstart) eines Motors.

Bei den bekannten Messvorrichtungen hat es sich jedoch als problematisch herauskristallisiert, dass erst nach dem Anlassen des Motors die genauen Nockenwellenstellungen und damit die der Ventile erkennbar sind. Hierdurch ist keine Optimierung der Fahrzeugemission möglich. Es wäre jedoch wünschenswert, die Stellung der Nockenwelle schon beim Einschalten der Motorelektrik zu erfassen.

Vorteile der Erfindung

- 25 Die erfindungsgemäße Messvorrichtung zur berührungslosen Erfassung der momentanen Drehstellung einer Welle mit den Merkmalen des Patentanspruches 1 hat dem gegenüber den Vorteil; dass bereits beim Einschalten der Zündung ohne Drehung der Nockenwelle die Stellung von Sensoren erfasst wird. Dies wird auch als True-Power-On bezeichnet. Hierbei wird durch die erfindungsgemäße Messvorrichtung beim Anschalten der Elektrik zwischen Zahn und Lücke eines an einer Welle angeordneten magnetischen Geberrades unterschieden und somit die momentane Drehstellung einer Welle ermittelt. Diese Unterscheidung beruht darauf, dass ein zwischen einem Magneten und dem Geberrad angeordnetes magnetfeldempfindliches Element die Veränderung bzw. Verzerrung des Magnetfeldes durch das vorbeibewegende Geberrad bzw. dessen Zähne und Lücken erfasst.

Vorzugsweise ist das magnetfeldempfindliche Element ein magnetoresistives Sensorelement. Durch diese Ausgestaltung des magnetfeldempfindlichen Elementes kann auf einfache und kostengünstige Sensoren zurückgegriffen werden.

- 30 35 Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist das magnetfeldempfindliche Element als Wheatstone'sche Brücke verschaltet. Hierdurch kann in einfacher Form durch eine Art Differenzschaltung des magnetfeldempfindlichen Elementes eine Verzerrung des Magnetfeldes am magnetfeldempfindlichen Element bereits beim Einschalten der Zündung ohne Drehung der Welle festgestellt werden.

Um die Erfassung der momentanen Drehstellung einer Welle zu verbessern, werden die Halbbrückensignale bei der erfindungsgemäßen Messvorrichtung einzeln gegenüber zwei Referenzwiderständen abgegriffen. Hierbei hat es sich als vorteilhaft herausgestellt, wenn die Halbbrücken symmetrisch an den beiden Enden des Magneten angebracht sind.

- Alternativ kann die Wheatstone'sche Brücke aus sechs Elementen bestehen, wobei die mittleren beiden Elemente entweder durch eine Zusatzschicht vom Magnetfeld abgeschirmt oder mittig unterhalb des Magneten angeordnet sind. Diese Brücke aus sechs Elementen ermöglicht gegenüber einer normalen Wheatstone'schen Brücke aus vier Elementen eine bessere Störfeldfestigkeit, da wiederum nur Feldänderungen detektiert werden. Des Weiteren birgt diese sechselementige Anordnung den Vorteil eines geringeren Offsets und Temperaturdrifts, insbesondere wenn alle Brückenelemente aus dem gleichen Material gefertigt sind und örtlich nah beieinander liegen.

Um noch einen geringeren Offset und noch einen geringeren Temperaturdrift zu erzeugen, kann die Wheatstone'sche Brücke auch aus zwei Vollbrücken mit jeweils Halbbrücken in der Mitte des Magneten bestehen.

- 50 Schließlich hat es sich als vorteilhaft herausgestellt, wenn das magnetfeldempfindliche Element aus AMR- oder GMR-Material besteht. Hierbei steht die Abkürzung AMR für "Anisotropic Magnetoresistance" sowie die Abkürzung GMR für "Giant Magnetoresistance".

Zeichnung

- 55 Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird in der folgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen schematischen Aufbau einer erfindungsgemäßen Messvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung,

- Fig. 2A grafisch den Magnetfeldverlauf zwischen Magnet und magnetfeldempfindlichem Element einerseits sowie einer Lücke, einer Flanke bzw. eines Zahnes eines Geberrades andererseits nebst anliegender Spannung an Voll- und Halbbrücke einer Wheatstone'schen Brückenschaltung,

Fig. 2B schematisch einen Signalhub, welcher bei der Aufnahme der Magnetfeldverzerrung durch das magnetfeldempfindliche Element umgesetzt wird,

Fig. 3 Ergebnisse einer Magnetkreisberechnung bei zweidimensionaler FEM-Simulation und

- 65 Fig. 4 eine Wheatstone'sche Brückenschaltung aus vier Elementen mit zwei externen Widerständen.

In Fig. 1 ist eine erfindungsgemäße Messvorrichtung 1 gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung dargestellt. Wie in Fig. 1 gezeigt, umfasst die Messvorrichtung 1 einen Permanentmagneten 2 und ein an einer nicht dargestellten Welle angeordnetes ferromagnetisches Geberrad 4. Wie aus Fig. 1 ersichtlich, ist zwischen dem ferromagnetischen

schen Geberrad 4 und dem Permanentmagneten 2 ein magnetfeldempfindliches Element 3 positioniert, sodass sich der Permanentmagnet 2 auf der Rückseite des magnetfeldempfindlichen Elementes 3 sowie des ferromagnetischen Geberrades 4 dem magnetfeldempfindlichen Element 3 gegenüberliegend befindet.

Im dargestellten Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Messvorrichtung 1 gemäß Fig. 1 besteht das magnetfeldempfindliche Element 3 aus magnetoresistiven Sensorelementen 5 in Form von Halbbrücken. Mit anderen Worten, das magnetfeldempfindliche Element 3 ist als Wheatstone'sche Brücke, wie in Fig. 4 dargestellt, aufgebaut, wobei die Brücke aus vier Elementen 8 mit zwei externen Widerständen 7 besteht. In Fig. 1 stellen das linke und rechte magnetoresistive Sensorelement 5 jeweils ein Elementenpaar der Brückenschaltung sowie das mittlere magnetoresistive Sensorelement 5 die beiden externen Widerstände dar.

In Fig. 2A ist schematisch der Magnetfeldverlauf des Permanentmagneten 2 in Verbindung mit dem ferromagnetischen Geberrad in drei Stellungen a, b und c dargestellt. Zwischen dem Permanentmagneten 2 sind magnetoresistive Sensorelemente 5 dargestellt, welche jeweils eine Halbbrücke einer Wheatstone'sche Brückenschaltung 6 aus vier Elementen repräsentieren. Wie sich aus Fig. 2A ergibt, findet im Falle des Gegenüberliegens einer Lücke des ferromagnetischen Geberrades 4 zum Permanentmagneten 2 – Position a – eine symmetrische Feldverzerrung statt, sodass, wie in Fig. 2A, Position a, angegeben, die Halbbrückenspannung (UHB) an dem linken und rechten magnetoresistiven Sensorelementen 5, 5 zwar ungleich Null sind, jedoch die resultierende Spannung der Vollbrücke (U_{VB}) gleich Null ist. Das heißt, die an der jeweiligen Halbbrücke anliegenden Spannungen sind gleich groß, weisen jedoch ein unterschiedliches Vorzeichen auf.

Dem gegenüber zeigt sich in Position b von Fig. 2A, d. h. bei der Zuordnung einer Zahnflanke zum Permanentmagneten 2 eine Magnetfeldverzerrung im dargestellten Ausführungsbeispiel in Fig. 2A hin zum rechten magnetoresistiven Sensorelement 5, sodass sowohl die beiden Halbbrückenspannungen UHB als auch die resultierende Vollbrückenspannung U_{VB} ungleich Null sind. Dies wird in Fig. 2A Position b durch die unterschiedlichen Längen der zugeordneten beiden Pfeile bezeichnet, welche die jeweilige Feldstärke bezeichnen.

Schließlich zeigt Position c von Fig. 2A, dass über einem Zahn das ferromagnetische Material des Geberrades 4 wie über der Lücke – Position a – symmetrisch um den Permanentmagnet 2 verteilt ist und beide Halbbrücken UHB liefern ein gleich großes Signal, jedoch mit unterschiedlichem Vorzeichen. Entsprechend ist auch das Vollbrückensignal und U_{VB} gleich Null. Da sich aber der Abstand zum ferromagnetischen Geberrad 4 in dieser Position um die Höhe des Zahnes verringert hat, werden die Feldlinien stärker zum Zahn hin verzerrt. Entsprechend verringert sich die Feldkomponente in Richtung der empfindlichen Sensorelementachse.

In der nachfolgenden Tabelle sind die einzelnen Signale, die man an den drei Positionen erhält, zusammengefasst:

Position	1	2	3
Vollbrücke	0	$\neq 0$	0
Halbbrücke	$\neq 0$	$\neq 0$	0
Ort	Lücke	Flanke	Zahn

In Fig. 2B ist lediglich schematisch ein Signalhub dargestellt, welcher bei Aufnahme einer Verzerrung durch die magnetoresistiven Sensorelemente 5 umgesetzt wird. Die magnetoresistiven Sensorelemente 5 detektieren typischerweise die Feldkomponente in der Ebene parallel zum Permanentmagneten 2 (tangential zum ferromagnetischen Geberrad 4).

Die Fig. 3 zeigt nunmehr Ergebnisse einer Magnetkreisberechnung bei zweidimensionaler FEM-Simulation. Wie Fig. 3 entnehmbar, wurde in 35 Schritten ein Permanentmagnet über die Lücke und den Zahn eines ferromagnetischen Geberrades, wie Fig. 2 zeigt, geführt. In jedem Schritt wurde der magnetische Fluss an den Stellen der beiden Halbbrücken (Quadrat: links, Dreiecke: rechts) berechnet, deren Signal proportional zum Magnetfluss ist. Es sind deutlich zwei Schwellen zu erkennen, die die beiden Positionen Lücke und Zahn repräsentieren. Die untere Kurve in Fig. 3 zeigt den Verlauf des entsprechenden Vollbrückensignals (Vollkreis). Beide Signale zusammen, also Vollbrücken und Halbbrückensignale, erlauben also die Flankendetektion sowie die Diskriminierung der Zahn-/Lücke-Stellung. Die Überschwinger in den Simulationsergebnissen rühren von Induktionserhöhungen an kleinen Radien, also den Zahnkanten.

Schließlich ist in Fig. 4 eine Wheatstone'sche Brückenschaltung 6 aus vier Elementen 8 mit zwei externen Widerständen 7 dargestellt. Hierbei sind die Halbbrücken symmetrisch an den beiden Enden des Permanentmagneten, wie auch schon in Fig. 1 dargestellt, angeordnet.

Obgleich nicht dargestellt, kann die Brückenschaltung natürlich aus sechs Elementen bestehen, wobei die mittleren beiden Elemente entweder durch eine Zusatzschicht vom Magnetfeld abgeschirmt oder mittig unterhalb des Permanentmagneten angebracht werden. Natürlich kann die Brücke auch aus acht Elementen, also zwei Vollbrücken mit jeweils zwei Halbbrücken in der Mitte des Permanentmagneten, zusammengesetzt sein.

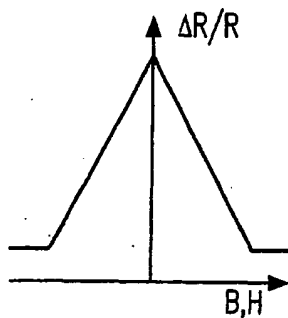
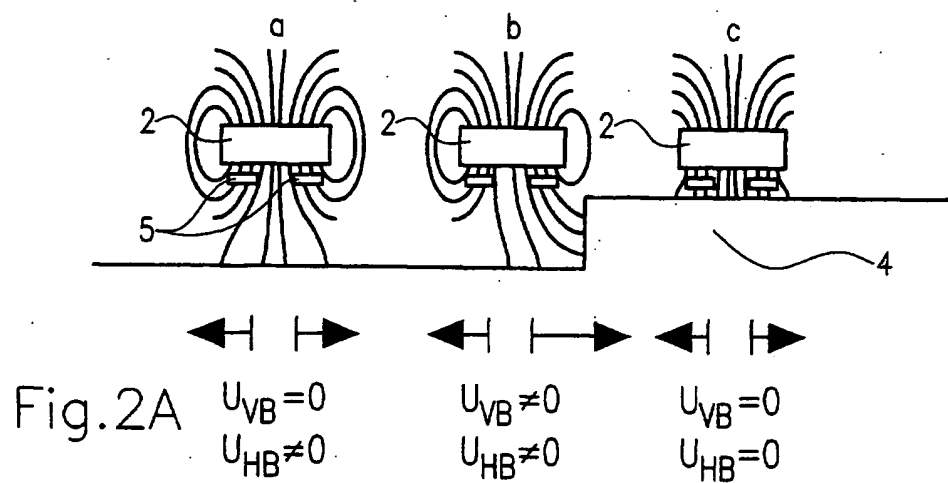
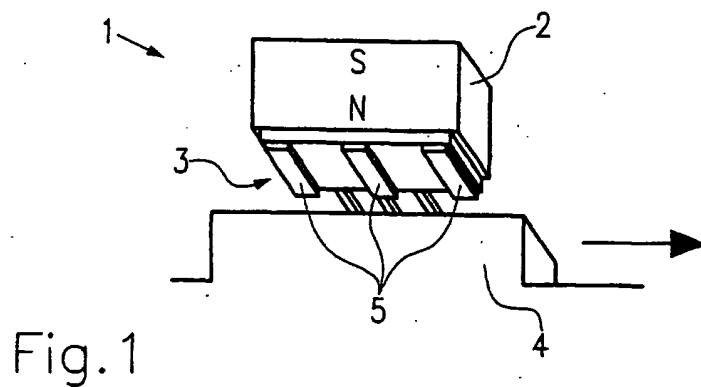
Grundsätzlich bietet die Brückenschaltung den Vorteil der Störfeldfestigkeit, da nur Feldänderungen detektiert werden. Die Brückenschaltungen mit sechs oder acht Elementen bieten darüberhinaus den Vorteil, geringen Offset und Temperaturdrift zu zeigen, insbesondere wenn alle Brückenelemente aus dem gleichen Material gefertigt sind und örtlich nah beieinander liegen.

Schließlich können die magnetoresistiven Sensorelemente 5 entweder aus AMR- oder GMR-Material sein, wobei die Abkürzung AMR für "Anisotropic Magnetoresistance" sowie die Abkürzung GMR für "Giant Magnetoresistance" stehen.

Die vorhergehende Beschreibung des Ausführungsbeispiels gemäß der vorliegenden Erfindung dient nur zu illustrativen Zwecken und nicht zum Zweck der Beschränkung der Erfindung und im Rahmen der Erfindung sind verschiedene Änderungen und Modifikationen möglich, ohne den Schutzzumfang der Erfindung sowie ihre Äquivalente zu verlassen.

1. Messvorrichtung (1) zur berührungslosen Erfassung der momentanen Drehstellung einer Welle, umfassend einen Permanentmagneten (2) und ein magnetfeldempfindliches Element (3), **dadurch gekennzeichnet**, dass die Welle ein ferromagnetisches Geberrad (4) aufweist, dass das ferromagnetische Geberrad (4) gegenüber liegend dem magnetfeldempfindlichen Element (3) positioniert ist und dass der Permanentmagnet (2) auf der Rückseite des magnetfeldempfindlichen Elementes (3) angeordnet ist.
2. Messvorrichtung zur berührungslosen Erfassung der momentanen Drehstellung einer Welle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das magnetfeldempfindliche Element (3) magnetoresistive Sensorelemente (5) aufweist.
3. Messvorrichtung zur berührungslosen Erfassung der momentanen Drehstellung einer Welle nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das magnetfeldempfindliche Element (3) als Wheatstone'sche Brücke verschaltet ist.
4. Messvorrichtung zur berührungslosen Erfassung der momentanen Drehstellung einer Welle nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Halbbrückensignale einzeln gegenüber zwei Referenzwiderständen (7) abgreifbar sind.
5. Messvorrichtung zur berührungslosen Erfassung der momentanen Drehstellung einer Welle nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Halbbrücken symmetrisch an beiden Enden des Permanentmagneten (2) angebracht sind.
6. Messvorrichtung zur berührungslosen Erfassung der momentanen Drehstellung einer Welle nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Wheatstone'sche Brücke (6) aus sechs Elementen besteht, wobei die mittleren beiden Elemente entweder durch eine Zusatzschicht vom Magnetfeld abgeschirmt oder mittig unterhalb des Permanentmagneten (2) angeordnet sind.
7. Messvorrichtung zur berührungslosen Erfassung der momentanen Drehstellung einer Welle nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Wheatstone'sche Brücke (6) aus zwei Vollbrücken mit jeweils zwei Halbbrücken in der Mitte des Permanentmagneten (2) besteht.
8. Messvorrichtung zur berührungslosen Erfassung der momentanen Drehstellung einer Welle nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das magnetfeldempfindliche Element (3) aus AMR- oder GMR-Material besteht.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen



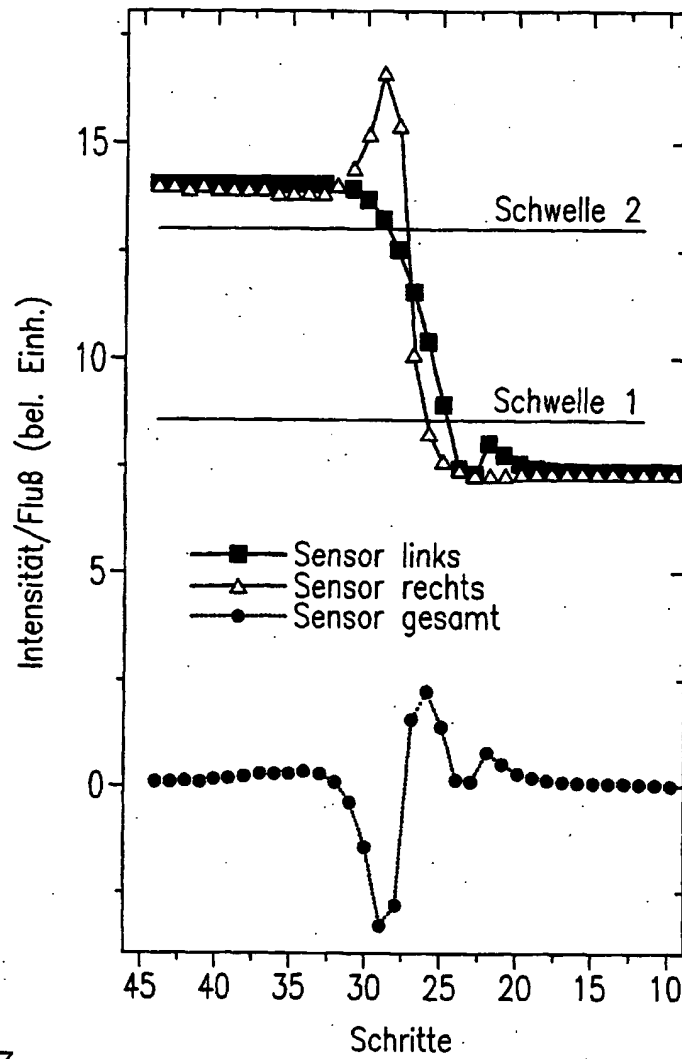


Fig.3

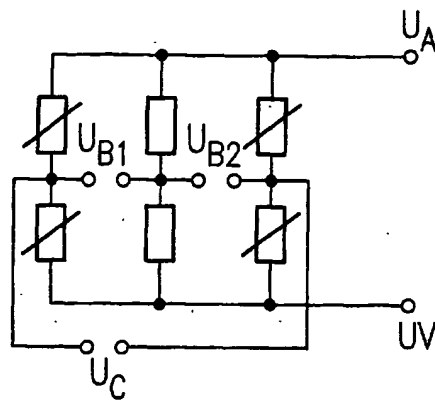


Fig.4